

Procedure and device for determination of a position signal for a rotating measuring body that generates periodic sinusoidal signals that are sampled by two incremental encoders and has improved signal correction method

Patent number: DE10034733
Publication date: 2001-02-15
Inventor: HERB ROBERT (DE); HOESCHER BERNHARD (DE); PAPIERNIK WOLFGANG (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- international: **G01D5/244; G01D5/12;** (IPC1-7): G01B7/30; G01B7/02; G01D5/243
- european: G01D5/244C; G01D5/244D
Application number: DE20001034733 20000717
Priority number(s): DE20001034733 20000717; DE19991035593 19990802

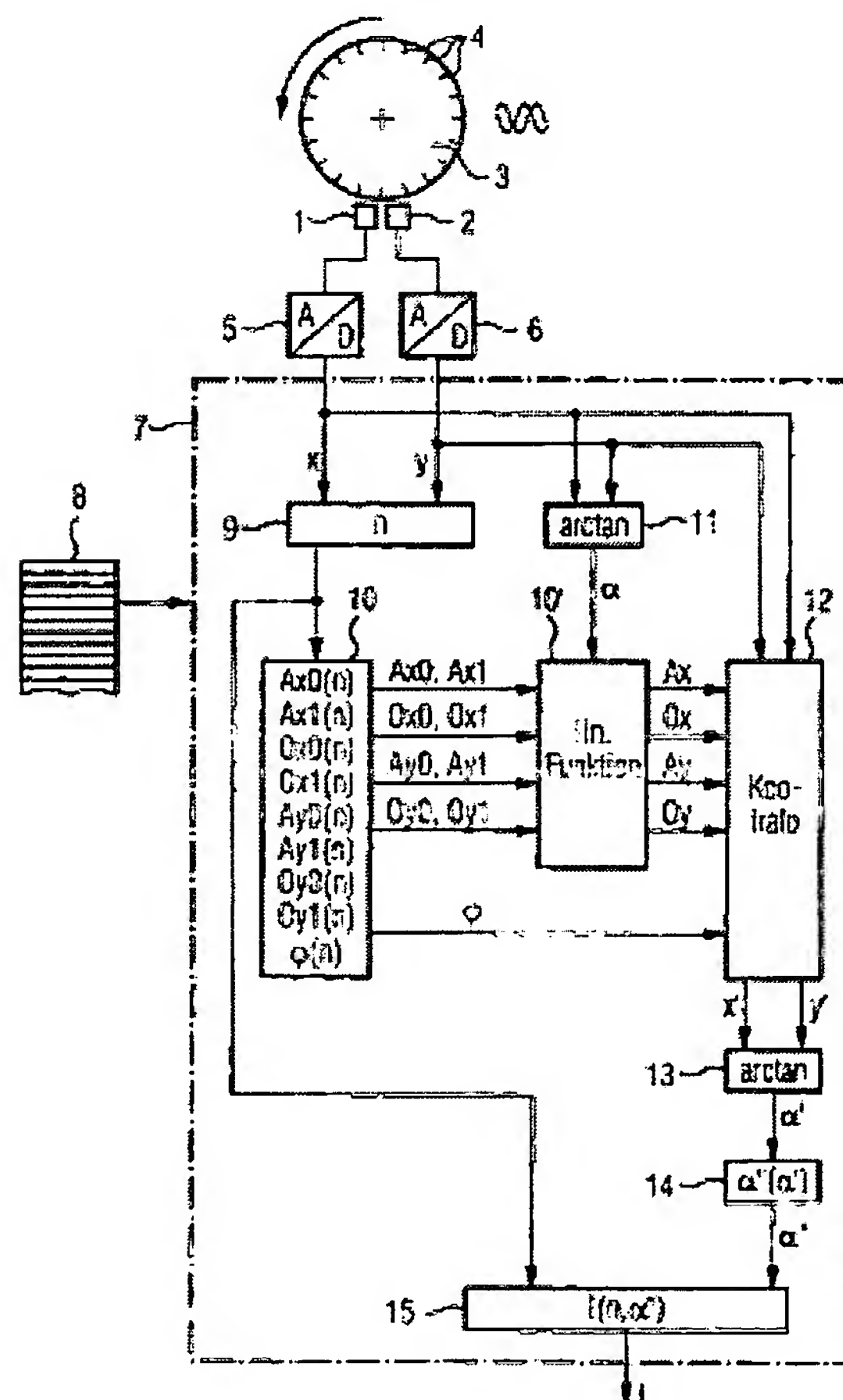
Also published as:

US6401052 (B1)

Report a data error here

Abstract of DE10034733

For incremental signal generation measurement signals (x, y) are first determined as amplitudes (Ax, Ay), offsets (Ox, Oy) and corrected for phase differences to yield a coarse angle value. The coarse angle error is corrected using a correction value to give a precise value and a position value (1) determined. Correction values for amplitudes, offsets and phases are determined using regression. The coarse angle correction value is determined using precise reference angle measurements. An Independent claim is made for a device for determination of angular position using a two signal generators with a graduated measurement body that yields periodic, sinusoidal reference signals.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 34 733 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 01 B 7/30
G 01 D 5/243
G 01 B 7/02

②1 Aktenzeichen: 100 34 733.9
②2 Anmeldetag: 17. 7. 2000
④3 Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 100 34 733 A 1

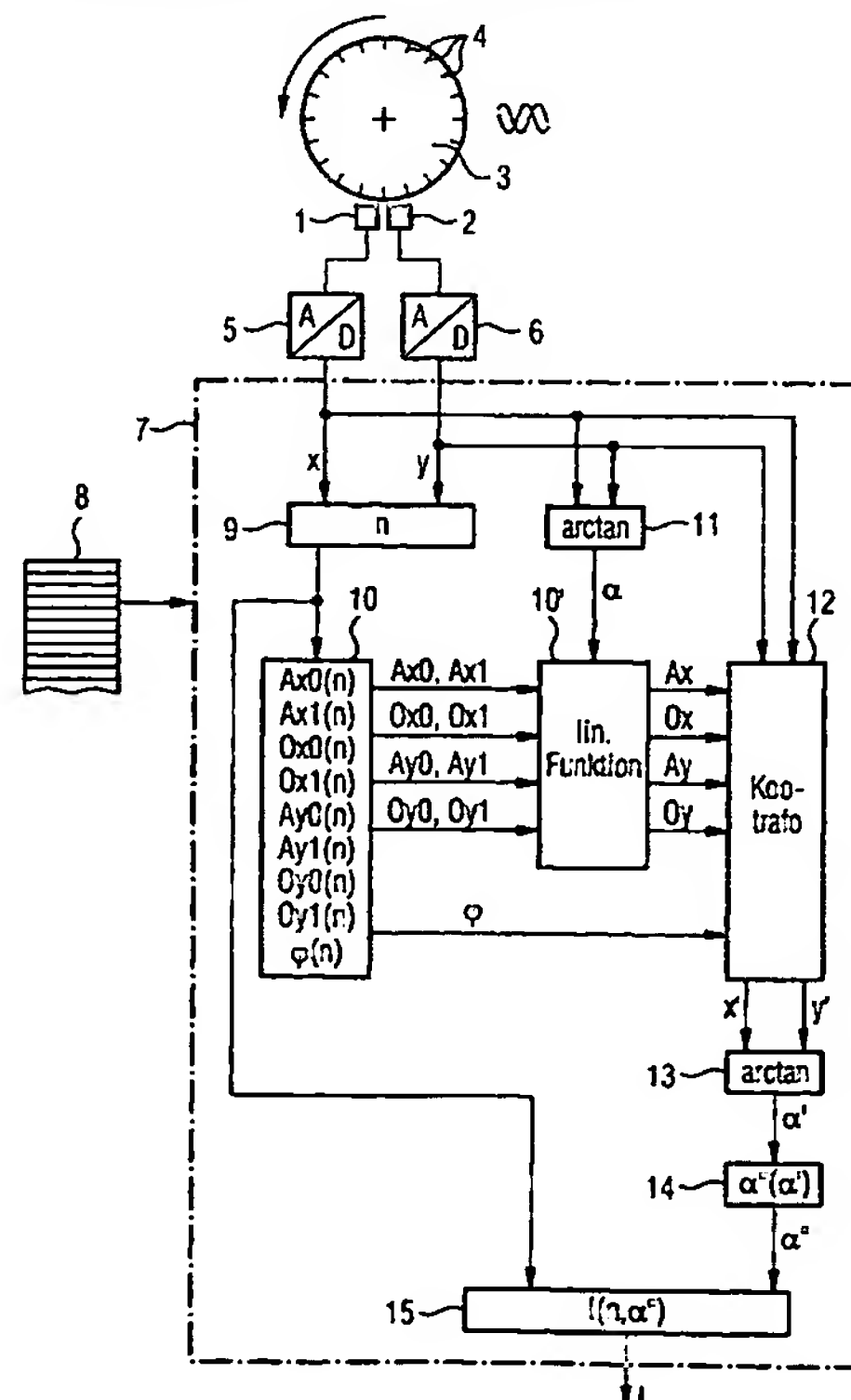
⑥6 Innere Priorität:
199 35 593. 2 02. 08. 1999
⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Herb, Robert, 91058 Erlangen, DE; Hoescheler,
Bernhard, 91056 Erlangen, DE; Papiernik,
Wolfgang, Dr., 91077 Neunkirchen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Ermittlungsverfahren für ein Lagesignal und/oder für Korrekturwerte für Messsignale

⑤7 Bei Inkrementalgebern werden deren Messsignale (x , y) zunächst maßteilungsspezifisch in Amplitude (A_x , A_y), Offsets (O_x , O_y) und Phasenversatz (\cong) korrigiert und ein Rohwinkel ($='$) ermittelt. Der Restfehler des Rohwinkels ($=''$) wird über rohwindelspezifische, maßteilungsunabhängige Rohwinkelkorrekturwerte ($=''$ ($='$)) feinkorrigiert und so ein Lagesignal (1) ermittelt. Die Korrekturwerte (A_{x0} , A_{x1} , A_{y0} , A_{y1} , O_{x0} , O_{x1} , O_{y0} , O_{y1} , \cong) für Amplituden (A_x , A_y), Offsets (O_x , O_y) und Phasenversatz (\cong) werden durch Regression ermittelt, die Rohwinkelkorrekturwerte ($=''$ ($='$)) durch hochgenaue Referenzwinkelmessungen.



DE 100 34 733 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ermittlungsverfahren für ein Lagesignal,

- wobei zwei Signalgeber eine relativ zu den Signalgebern bewegbare Maßverkörperung mit einer Vielzahl im wesentlichen äquidistant angeordneter Maßteilungen abtasten und hiermit korrespondierende Messsignale liefern,
- wobei die Messsignale bei gleichförmiger Relativbewegung der Maßverkörperung im wesentlichen periodisch sind, im wesentlichen sinusförmig sind, im wesentlichen um 90° relativ zueinander phasenversetzt sind und die Maßverkörperung während einer Periode der Messsignale eine Relativbewegung um eine Maßteilung ausführt,
- wobei aktualisiert wird, welcher der Maßteilungen die ermittelten Messsignale momentan zuzuordnen sind,
- wobei anhand von Amplituden und Offsets der Messsignale aus den Messsignalen ein Rohwinkel ermittelt wird,
- wobei anhand vorbestimmter roh winkelspezifischer, maßteilungsunabhängiger Rohwinkelkorrekturwerte aus dem Rohwinkel ein Lagewinkel innerhalb der Maßteilung ermittelt wird, der die ermittelten Messsignale momentan zugeordnet sind, und
- wobei aus dem Lagewinkel und der Maßteilung, der die ermittelten Messsignale momentan zugeordnet sind, das Lagesignal ermittelt wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Ermittlungsverfahren für die korrespondierenden Korrekturwerte.

Derartige Ermittlungsverfahren sind zum Beispiel aus "Innovative technique for easy high-resolution position acquisition with sinusoidal incremental encoders" von B. Höscheler und L. Szamel, PCIM 97 Europe, Intelligent Motion, Conference Proceedings, Vol. 31, bekannt.

Der genannte Aufsatz beschäftigt sich im wesentlichen damit, anhand vorbestimmter roh winkelspezifischer, maßteilungsunabhängiger Rohwinkelkorrekturwerte aus dem Rohwinkel einen Lagewinkel und daraus dann das Lagesignal zu ermitteln. Die Korrektur von Offset und Amplitude der Messsignale ist nur am Rande erwähnt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Ermittlungsverfahren für ein Lagesignal bzw. ein hiermit korrespondierendes Ermittlungsverfahren für Korrekturwerte für Messsignale zu schaffen, bei dem die in dem genannten Aufsatz angeregte Vorgehensweise ausführungsfähig ausgestaltet ist.

Die Aufgabe wird für das Ermittlungsverfahren für das Lagesignal dadurch gelöst, dass bei der Ermittlung des Rohwinkels auch ein (ggf. von 90° verschiedener) Phasenversatz der Messsignale relativ zueinander berücksichtigt wird und dass die Amplituden und Offsets der Messsignale sowie der Phasenversatz der Messsignale relativ zueinander maßteilungsspezifisch vorbestimmt sind.

Für das Ermittlungsverfahren für Korrekturwerte für Messsignale wird die Aufgabe dadurch gelöst,

- dass die Messsignalkorrekturwerte auch einen Grundwert für einen Phasenversatz der dann erfassten Messsignale relativ zueinander umfassen, und
- dass die Messsignalkorrekturwerte maßteilungsspezifisch ermittelt und abgespeichert werden und
- dass die maßteilungsspezifischen Zwischenkorrekturwerte anhand der für diese Maßteilung erfassten

Messsignale und der für diese Maßteilung ermittelten Messsignalkorrekturwerte ermittelt werden.

Das Ermittlungsverfahren für das Lagesignal arbeitet bereits recht gut, wenn die Amplituden, die Offsets und/oder der Phasenversatz innerhalb der Maßteilung, der die ermittelten Messsignale momentan zugeordnet sind, von den Messsignalen unabhängig sind.

Es arbeitet aber noch besser, wenn anhand der Messsignale ein Vorabwinkel bestimmt wird und die Amplituden, die Offsets und/oder der Phasenversatz innerhalb der Maßteilung, der die ermittelten Messsignale momentan zugeordnet sind, von dem Vorabwinkel abhängen.

Hiermit korrespondierend umfassen bei dem Ermittlungsverfahren für die Korrekturwerte die Messsignalkorrekturwerte auch Änderungswerte für die Amplituden, die Offsets und/oder den Phasenversatz der dann erfassten Messsignale, so dass die Amplituden, die Offsets und/oder der Phasenversatz innerhalb der Maßteilung, der die dann erfassten Messsignale zugeordnet sind, von einem Vorabwinkel abhängen, der anhand der dann erfassten Messsignale bestimmt wird.

Da sich die Korrekturwerte von Maßteilung zur Maßteilung nur geringfügig ändern, ist es in der Regel ausreichend, wenn die Amplituden, die Offsets und/oder der Phasenversatz linear von dem Vorabwinkel abhängen.

Die Grund- und Änderungswerte definieren so abschnittsweise lineare Funktionen. Die Grund- und die Änderungswerte benachbarter Maßteilungen werden derart bestimmt, dass sich zwischen den benachbarten Maßteilungen ein stetiger Übergang für die Amplituden, die Offsets und/oder den Phasenversatz ergibt.

Das Ermittlungsverfahren für die Korrekturwerte arbeitet besonders gut, wenn die Maßverkörperung sich während des Ab tastens nur langsam bewegt.

Wenn pro Maßteilung die für diese Maßteilung erfassten Messsignale im wesentlichen in der dieser Maßteilung zugeordneten Periode gleichverteilt sind, ergeben sich besonders gute Messsignalkorrekturwerte.

Das Ermittlungsverfahren für die Korrekturwerte kann wahlweise vor dem Ermitteln von Lagesignalen vorab durchgeführt werden oder aber während des Ermittlens der Lagesignale parallel hierzu im Hintergrund aufgeführt werden. Im letzteren Fall aktualisiert sich das Inkrementalgeberauswertungssystem ständig selbst. Für spätere Messungen stehen somit optimierte Korrekturwerte zur Verfügung.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

- Fig. 1 ein Inkrementalgebersystem,
- Fig. 2 und 3 ein weiteres Inkrementalgebersystem,
- Fig. 4 bis 6 Lissajousfiguren und
- Fig. 7 einen maßteilungsunabhängigen Korrekturwertverlauf.

Gemäß Fig. 1 weist ein Inkrementalgebersystem zwei Signalgeber 1, 2 sowie eine Maßverkörperung 3 auf. Auf der Maßverkörperung 3 ist eine Vielzahl von Maßteilungen 4 äquidistant angeordnet. Die Maßverkörperung 3 ist relativ zu den Signalgebern 1, 2 bewegbar, im vorliegenden Fall rotierbar. Auch eine relative Verschiebbarkeit wäre aber möglich.

Die Signalgeber 1, 2 tasten die Maßverkörperung 3 ab. Ihre Ausgangssignale werden in A/D-Wandlern 5, 6 mit z. B. 12 bit digitalisiert und als digitalisierte Messsignale x, y einem Inkrementalgeberauswertungssystem 7 zugeführt. Das Inkrementalgeberauswertungssystem 7 ist im vorliegenden Fall softwaremäßig ausgeführt. Es arbeitet also ein Computerprogrammprodukt 8 ab, das die Wirkungsweise des Inkrementalgeberauswertungssystems 7 festlegt.

Die Signalgeber 1, 2 tasten, wie bereits erwähnt, beide die gleiche Maßverkörperung 3 ab. Aufgrund der äquidistanten Anordnung der Maßteilungen 4 sind bei gleichförmiger Bewegung der Maßverkörperung 3 beide Messsignale x, y im wesentlichen periodisch. Eine Periode der Messsignale x, y entspricht dabei einer Relativbewegung der Maßverkörperung 3 um eine Maßteilung 4. Die Messsignale x, y sind ferner im wesentlichen sinusförmig und aufgrund der Anordnung und Ausgestaltung der Signalgeber 1, 2 im wesentlichen um 90° relativ zueinander phasenversetzt.

Im Idealfall gilt, dass die Messsignale x, y völlig offsetfrei sind (Offset $O_x = \text{Offset } O_y = 0$), gleiche Amplituden A_x, A_y aufweisen, bei gleichförmiger Bewegung der Maßverkörperung 3 exakt sinusförmig sind und um exakt 90° gegeneinander phasenversetzt sind. Die Messsignale x, y werden daher häufig auch als Kosinus- und Sinussignal bezeichnet. In der Praxis hingegen beträgt der Phasenversatz, nachfolgend mit ϕ bezeichnet, nur etwa 90°. Ferner sind die Amplituden A_x, A_y der Messsignale x, y variabel und voneinander verschieden. Gleiches gilt für die Offsets O_x, O_y der Meßsignale x, y.

Die Abweichungen der Amplituden A_x, A_y , der Offsets O_x, O_y und des Phasenversatzes ϕ führen zu Fehlern bei der Berechnung einer Lage 1 anhand der gelieferten Meßsignale x, y.

Zur Korrektur werden die Messsignale x, y daher zunächst einem Maßteilungsermittler 9 zugeführt, der in bekannter Weise aktualisiert, welcher der Maßteilungen 4 die ermittelten Messsignale x, y momentan zuzuordnen sind. Bei langsamer Bewegung der Maßverkörperung 3 kann dies durch einfache Flankenbewertung der Messsignale x, y erfolgen. Bei schnellerer Bewegung der Maßverkörperung 3 wird aus der berechenbaren Geschwindigkeit der Maßverteilung 3 unter Berücksichtigung der zwischen zwei Messungen nur sehr geringen Geschwindigkeitsänderung ermittelt, welcher Maßteilung 4 die Messsignale x, y nunmehr zuzuordnen sein müssten. Aufgrund der Messsignale x, y erfolgt gegebenenfalls eine Korrektur der Maßteilung 4 um eins nach oben oder unten. Diese Vorgehensweise ist an sich bekannt.

Der Maßteilungsermittler 9 ermittelt also einen Index n, der charakteristisch für die Maßteilung 4 ist, der die momentan ermittelten Messsignale x, y zuzuordnen sind. Entsprechend dem Index n werden aus einem ersten Korrekturwertspeicher 10 eine Vielzahl von Werten abgerufen. Mindestens werden Grundwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}$ für Amplituden A_x, A_y und Offsets O_x, O_y der Messsignale x, y sowie der Phasenversatz ϕ abgerufen. Soweit nur die Grundwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, \phi$ berücksichtigt werden, sind die Amplituden A_x, A_y , die Offsets O_x, O_y und der Phasenversatz ϕ innerhalb der Maßteilung 4, der die ermittelten Messsignale x, y momentan zugeordnet sind, von den Messsignalen x, y unabhängig. Bereits diese Vorgehensweise führt zu recht akzeptablen Ergebnissen.

Zur Erhöhung der Genauigkeit werden aber auch Änderungswerte $A_{x1}, A_{y1}, O_{x1}, O_{y1}$ für Amplituden A_x, A_y und Offsets O_x, O_y der Messsignale x, y abgerufen. Die Änderungswerte $A_{x1}, A_{y1}, O_{x1}, O_{y1}$ werden in einem Koeffizientenermittler 10' mit einem Vorabwinkel α multipliziert, der in einem Winkelermittler 11 anhand der Messsignale x, y errechnet wird. Die Produkte werden dann zu den jeweiligen Grundwerten $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}$ hinzuaddiert. Es werden also lineare – bzw. allgemeiner vom Vorabwinkel α abhängige – Funktionen gebildet, die die entsprechenden Amplituden A_x, A_y und Offsets O_x, O_y ergeben. Der Phasenversatz ϕ hingegen bleibt innerhalb der jeweiligen Maßteilung 4 unverändert.

Die Amplituden A_x, A_y , die Offsets O_x, O_y und der Pha-

senversatz ϕ definieren eine Transformationsvorschrift, mittels derer die Messsignale x, y in Zwischensignale x', y' transformiert werden. Diese Transformation folgt in einem Koordinatentransformator 12. Die Zwischensignale werden einem Winkelermittler 13 zugeführt, der anhand der Zwischensignale x', y' einen Rohwinkel α' ermittelt.

Der Rohwinkel α' wird einem zweiten Korrekturwertspeicher 14 zugeführt. Dort wird anhand einer Look-up-Table, also anhand vorbestimmter roh winkelspezifischer Rohwinkelkorrekturwerte $\alpha''(\alpha')$, aus dem Rohwinkel α' ein Lagewinkel α'' innerhalb der Maßteilung 4 ermittelt, der die Messsignale x, y zugeordnet sind. Die Rohwinkelkorrekturwerte $\alpha''(\alpha')$ sind dabei maßteilungsunabhängig.

Der so ermittelte, hochgenaue Lagewinkel α'' wird zusammen mit dem Index n einem Lageermittler 15 zugeführt, der daraus in an sich bekannter Weise die Lage 1 ermittelt.

Obenstehend wurde die Kompensation von Signalfehlern bei bekannten Korrekturwerten $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, A_{x1}, A_{y1}, O_{x1}, O_{y1}, \phi$ beschrieben. Nachstehend wird nun in Verbindung mit den Fig. 2 und 3 beschrieben, wie diese Korrekturwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, A_{x1}, A_{y1}, O_{x1}, O_{y1}, \phi$ ermittelbar sind. Gleiche Elemente sind dabei in den Fig. 2 und 3 mit dem gleichen Bezugszeichen versehen.

Wie zuvor wird die Maßverkörperung 3 relativ zu den Signalgebern 1, 2 bewegt und dabei die Messsignale x, y, erfasst. Vorzugsweise bewegt sich die Maßverkörperung 3 dabei jedoch nur langsam. Dies ist in Fig. 2 dadurch angedeutet, dass der Pfeil bei der Maßverkörperung 3 erheblich kürzer ist als der Pfeil in Fig. 1.

Gleichzeitig werden die Messsignale x, y so schnell wie möglich erfasst. Dadurch wird erreicht, dass für jede Maßteilung 4 eine Vielzahl von Messsignalen x, y ermittelt wird und die für eine Maßteilung 4 erfassten Messsignale x, y im wesentlichen in der dieser Maßteilung 4 zugeordneten Periode (gleicher Index n) gleichverteilt sind. Die Messsignale x, y werden zusammen mit dem Index n in einen Zwischenspeicher 16 eingeschrieben. Der Zwischenspeicher 16 ist derart dimensioniert, dass in ihm zumindest alle Messsignale x, y einer Periode abspeicherbar sind.

In Fig. 4 sind beispielhaft die Messsignale x, y einer Periode dargestellt. Nach rechts ist dabei das eine Messsignal x, nach oben das andere Messsignal y dargestellt. Die Kreuzchen entsprechen den erfassten Messsignalpaaren, die durchgezogene Linie einer linearen Interpolation zwischen je zwei Stützstellen.

Pro Maßteilung 4 werden die für diese Maßteilung 4 erfassten Messsignale x, y einem Regressionsfilter 17 zugeführt. Dieser ermittelt anhand der Messsignale x, y zunächst die Grundwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, \phi$ für diese Maßteilung 4 und speichert diese im ersten Korrekturwertspeicher 10 ab. Bei einer späteren Erfassung von Messsignalen x, y stehen somit bereits diese Grundwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, \phi$ zur Korrektur der dann erfassten Messsignale x, y und somit zur Berechnung des Rohwinkels α' zur Verfügung.

Die Ermittlung der Grundwerte $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, \phi$ geschieht nach folgendem Ansatz:

Zunächst wird angenommen, dass sich die Messsignale x, y wie folgt darstellen lassen:

$$\begin{aligned} x &= O_{x0} + A_{x0} \cos(\alpha + \delta) \text{ und} \\ y &= O_{y0} + A_{y0} \sin \alpha. \end{aligned}$$

Die Koeffizienten $A_{x0}, A_{y0}, O_{x0}, O_{y0}, \delta$ definieren eine Ellipse. δ ist dabei die Abweichung des Phasenversatzes ϕ von 90°. Diese Ellipse kann auch in der allgemeinen Kegelschnittgleichung $ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0$ dargestellt werden. Die Parameter a bis f weisen dabei folgende Werte auf:

$$\begin{aligned}
 a &= Ay_0^2, \\
 b &= Ax_0 Ay_0 \sin \delta, \\
 c &= Ax_0^2, \\
 d &= -Ay_0 (Ox_0 Ay_0 + Ax_0 Oy_0 \sin \delta), \\
 e &= -Ax_0 (Ax_0 Oy_0 + Ay_0 Ox_0 \sin \delta) \text{ und} \\
 f &= (Ox_0 Oy_0 + Ax_0 Ay_0 \sin \delta)^2 + (Ox_0^2 - Ay_0^2) (Ax_0^2 - Oy_0^2).
 \end{aligned}$$

Nun werden noch die Messsignale x, y in Polarkoordinaten transformiert. Sie werden also geschrieben als $x = r \cos \alpha$ und $y = r \sin \alpha$. r ergibt sich dabei aus der Gleichung $r^2 = x^2 + y^2$ und wird nachfolgend als Zeigerlänge r bezeichnet.

Wenn man diese Formeln für die Messsignale x, y in die allgemeine Kegelschnittgleichung einsetzt, erhält man eine quadratische Gleichung für die Zeigerlänge r , die nach der Zeigerlänge r aufgelöst werden kann. Man erhält somit eine Bedingung für die Zeigerlänge r als Funktion des Vorabwinkels α , in dem die oben genannten Grundwerte Ax_0, Ay_0, Ox_0, Oy_0 als Parameter auftreten. Durch eine nichtlineare Regression sind somit die fünf Grundwerte $Ax_0, Ay_0, Ox_0, Oy_0, \varphi$ optimierbar. Diese so ermittelten Werte werden dann im ersten Korrekturwertspeicher 10 abgespeichert. Dass die für diese Maßteilung 4 erfassten Messsignale x, y im wesentlichen in der dieser Maßteilung 4 zugeordneten Periode gleich verteilt sind, hat dabei zur Folge, dass höherfrequente Störungen bei der Ermittlung der Grundwerte $Ax_0, Ay_0, Ox_0, Oy_0, \varphi$ im wesentlichen herausgemittelt werden.

Die obenstehend beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung der Grundwerte wird nun nacheinander für alle Maßteilungen 4 durchgeführt, so dass sie für alle Maßteilungen 4 zur Verfügung stehen.

Prinzipiell kann die Amplitude Ax auch eine höherwertige Funktion des Vorabwinkels α sein. Sie kann z. B. innerhalb der jeweiligen Maßteilung 4 linear vom Vorabwinkel α abhängen, sich also zu $Ax = Ax_0 + \alpha Ax_1$ ergeben. Gleiches gilt für die andere Amplitude Ay und die Offsets Ox, Oy . Auch in diesem Fall wird die korrespondierende allgemeine Kegelschnittgleichung ermittelt, wobei die Grundwerte Ax_0, Ay_0, Ox_0, Oy_0 durch die entsprechenden vorabwinkelabhängigen Funktionen ersetzt werden. Die Messsignalkorrekturwerte $Ax_0, Ax_1, Ay_0, Ay_1, Ox_0, Ox_1, Oy_0, Oy_1, \varphi$ können dann wie zuvor auch durch eine nichtlineare Regression ermittelt werden. Gegebenenfalls erfolgt noch eine Nachkorrektur derart, dass die Grund- und die Änderungswerte $Ax_0, Ax_1, Ay_0, Ay_1, Ox_0, Ox_1, Oy_0, Oy_1, \varphi$ als Funktion des Vorabwinkels α abschnittsweise lineare Funktionen definieren, die zwischen benachbarten Maßteilungen 4 stetig ineinander übergehen. Die Änderungswerte Ax_1, Ay_1, Ox_1, Oy_1 werden – wie in Fig. 2 gestrichelt angedeutet – ebenfalls in den ersten Korrekturwertspeicher 10 abgespeichert.

Wenn nun alle Messsignalkorrekturwerte $Ax_0, Ax_1, Ay_0, Ay_1, Ox_0, Ox_1, Oy_0, Oy_1, \varphi$ vorliegen, werden – analog zu der Vorgehensweise gemäß Fig. 1 – wieder die Zwischensignale x', y' ermittelt. Diese Zwischensignale x', y' sind in Fig. 5 zusammen mit den Messsignalen x, y in einem gegenüber Fig. 4 vergrößerten Maßstab dargestellt. Die kreisähnliche Figur von Fig. 5 stellt dabei den Verlauf der Zwischensignale x', y' dar, der annäherungsweise nierenförmige Verlauf den der Messsignale x, y . Ersichtlich ist bereits aufgrund der Anpassung der Amplituden Ax, Ay , der Offsets Ox, Oy und des Phasenversatzes φ eine erheblich verbesserte Lageauswertung möglich.

Fig. 6 zeigt nun in einer nochmals vergrößerten Darstellung die Zwischensignale x', y' . Erst in dieser Darstellung sind – neben einem unvermeidlichen Messrauschen – typische Oberwellen (Minima bei etwa $0^\circ/90^\circ/180^\circ/270^\circ$) erkennbar. Diese Restfehler sind zwar nur noch geringfügig, auch sie sind aber noch korrigierbar.

Hierzu wird einerseits – ebenso wie obenstehend in Verbindung mit Fig. 1 beschrieben – gemäß Fig. 3 der Rohwinkel α' ermittelt und einem zweiten Zwischenspeicher 20 zugeführt. Dem zweiten Zwischenspeicher 20 wird ferner der Lagewinkel α'' zugeführt. Dieser ist mittels eines Drehzahlgenerators 21 mit nachgeordnetem Extrapolator 22 z. B. anhand mehrerer aufeinanderfolgender Nulldurchgänge der Messsignale x, y ermittelt worden. Die abgespeicherten Wertepaare von Lagewinkel α'' und Rohwinkel α' bilden maßteilungsabhängige Zwischenkorrekturwerte (α''/α') für den Rohwinkel α' . Die Zwischenkorrekturwerte (α''/α') sind schematisch in Fig. 7 dargestellt. Sie werden in einem Sortierer 23 nach äquidistanten Werten des Rohwinkels α' sortiert und im zweiten Korrekturwertspeicher 14 abgelegt. Dort erfolgt über alle Maßteilungen 4 eine Mittelwertbildung aller in den zweiten Korrekturwertspeicher 14 eingespeicherten Zwischenkorrekturwerte (α''/α'). Die durch Mittelwertbildung errechneten Rohwinkelkorrekturwerte $\alpha''(\alpha')$ sind somit maßteilungsunabhängig.

Das obenstehend beschriebene Ermittlungsverfahren für die Korrekturwerte $Ax_0, Ax_1, Ay_0, Ay_1, Ox_0, Ox_1, Oy_0, Oy_1, \varphi, \alpha''(\alpha')$ kann vorab durchgeführt werden. Die Korrekturwerte $Ax_0, Ax_1, Ay_0, Ay_1, Ox_0, Ox_1, Oy_0, Oy_1, \varphi, \alpha''(\alpha')$ werden in diesem Fall als feste Werte in den Korrekturwertspeichern 10, 14 hinterlegt. Vorzugsweise aber wird das Ermittlungsverfahren parallel zur Ermittlung des Lagesignals 1 im Hintergrund ausgeführt.

Mittels dem erfindungsgemäßen Ermittlungsverfahren lässt sich bei einer A/D-Wandlung von 12 Bit und einer damit verbundenen theoretisch erreichbaren Auflösungsgrenze von $1/9100$ eine Auflösung von $1/5900$ einer Geberperiode erreichen. Diese hohe Auflösung wird dabei insbesondere wegen der Berücksichtigung auch des Phasenversatzes φ bei der Korrektur der Messsignalfehler erreicht.

Patentansprüche

1. Ermittlungsverfahren für ein Lagesignal (1),
 - wobei zwei Signalgeber (1, 2) eine relativ zu den Signalgebern (1, 2) bewegbare Maßverkörperung (3) mit einer Vielzahl im wesentlichen äquidistant angeordneter Maßteilungen (4) abtasten und hiermit korrespondierende Messsignale (x, y) liefern,
 - wobei die Messsignale (x, y) bei gleichförmiger Relativbewegung der Maßverkörperung (3) im wesentlichen periodisch sind, im wesentlichen sinusförmig sind, im wesentlichen um 90° relativ zueinander phasenversetzt sind und die Maßverkörperung (3) während einer Periode der Messsignale (x, y) eine Relativbewegung um eine Maßteilung (4) ausführt,
 - wobei aktualisiert wird, welcher der Maßteilungen (4) die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zuzuordnen sind,
 - wobei anhand vorbestimmter maßteilungsspezifischer Amplituden (Ax, Ay) und Offsets (Ox, Oy) der Messsignale (x, y) und einem Phasenversatz (φ) der Messsignale (x, y) relativ zueinander aus den Messsignalen (x, y) ein Rohwinkel (α') ermittelt wird,
 - wobei anhand vorbestimmter rohwindelspezifischer, maßteilungsunabhängiger Rohwinkelkorrekturwerte ($\alpha''(\alpha')$) aus dem Rohwinkel (α') ein Lagewinkel (α'') innerhalb der Maßteilung (4) ermittelt wird, der die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zugeordnet sind, und
 - wobei aus dem Lagewinkel (α'') und der Maß-

teilung (4), der die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zugeordnet sind, das Lagesignal (1) ermittelt wird.

2. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder der Phasenversatz (ϕ) innerhalb der Maßteilung (4), der die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zugeordnet sind, von den Messsignalen (x, y) unabhängig sind.
3. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der Messsignale (x, y) ein Vorabwinkel (α) bestimmt wird und dass die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder der Phasenversatz (ϕ) innerhalb der Maßteilung (x, y), der die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zugeordnet sind, von dem Vorabwinkel (α) abhängen.
4. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder der Phasenversatz (ϕ) linear von dem Vorabwinkel (α') abhängen.
5. Ermittlungsverfahren für Korrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ , $\alpha''(\alpha')$) für Messsignale (x, y),
 - wobei eine Maßverkörperung (3) mit einer Vielzahl im wesentlichen äquidistant angeordneter Maßteilungen (4) relativ zu zwei Signalgebern (1, 2) bewegt wird,
 - wobei die Signalgeber (1, 2) die Maßverkörperung (3) abtasten und die Messsignale (x, y) hiermit korrespondieren,
 - wobei die Messsignale (x, y) bei gleichförmiger Relativbewegung der Maßverkörperung (3) im wesentlichen periodisch sind, im wesentlichen sinusförmig sind, im wesentlichen um 90° relativ zueinander phasenversetzt sind und die Maßverkörperung (3) während einer Periode der Messsignale (x, y) eine Relativbewegung um eine Maßteilung (9) ausführt,
 - wobei aktualisiert wird, welcher der Maßteilungen (4) die ermittelten Messsignale (x, y) momentan zuzuordnen sind,
 - wobei für jede Maßteilung (4) eine Vielzahl von Messsignalen (x, y) ermittelt wird,
 - wobei pro Maßteilung (4) anhand der für diese Maßteilung (4) erfassten Messsignale (x, y) Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) ermittelt und abgespeichert werden, so dass bei einer späteren Erfassung von Messsignalen (x, y) anhand der Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) und der dann erfassten Messsignale (x, y) ein Rohwinkel (α') ermittelbar ist,
 - wobei pro Maßteilung (4) anhand der für diese Maßteilung (4) erfassten Messsignale (x, y) und der Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) maßteilungs- und rohwindelspezifische Zwischenkorrekturwerte (α''/α') ermittelt werden, so dass bei einer späteren Erfassung von Messsignalen (x, y) anhand des dann ermittelten Rohwinkels (α') und der Zwischenkorrekturwerte (α''/α') ein Lagewinkel (α'') innerhalb der dann abgetasteten Maßteilung (4) ermittelbar wäre,
 - wobei anhand der Zwischenkorrekturwerte (α''/α') der Maßteilungen (4) rohwindelspezifische, aber maßteilungsunabhängige Rohwinkelkorrekturwerte ($\alpha''(\alpha')$) ermittelt werden, so dass bei einer späteren Erfassung von Messsignalen (x,

- y) anhand der dann ermittelten Messsignale (x, y), der Maßteilung (4), der die dann erfassten Messsignale (x, y) zuzuordnen sind, der Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) und der Rohwinkelkorrekturwerte ($\alpha''(\alpha')$) ein Lagewinkel (α'') innerhalb der Maßteilung (4), der die dann erfassten Messsignale (x, y) zugeordnet sind, und aus dem Lagewinkel (α'') und der Maßteilung (4), der die dann erfassten Messsignale (x, y) zugeordnet sind, ein Lagesignal (1) ermittelbar ist,
- wobei die Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) zumindest maßteilungsspezifische Grundwerte (Ax0, Ay0, Ox0, Oy0, ϕ) für Amplituden (Ax, Ay) und Offsets (Ox, Oy) der dann erfassten Messsignale (x, y) und einen Phasenversatz (ϕ) der dann erfassten Messsignale (x, y) relativ zueinander umfassen.
6. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Maßverkörperung (3) sich während des Ab tastens nur langsam bewegt.
 7. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass pro Maßteilung (4) die für diese Maßteilung (4) erfassten Messsignale (x, y) im wesentlichen in der dieser Maßteilung (4) zugeordneten Periode gleichverteilt sind.
 8. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohwinkelkorrekturwerte ($\alpha''(\alpha')$) aus den Zwischenkorrekturwerten (α''/α') der Maßteilungen (4) durch Mittelwertbildung errechnet werden.
 9. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsignalkorrekturwerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) auch Änderungswerte (Ax1, Ay1, Ox1, Oy1) für die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder den Phasenversatz (ϕ) der dann erfassten Messsignale (x, y) umfassen, so dass die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder der Phasenversatz (ϕ) innerhalb der Maßteilung (4), der die dann erfassten Messsignale (x, y) zugeordnet sind, von einem Vorabwinkel (α) abhängen, der anhand der dann erfassten Messsignale (x, y) bestimmt wird.
 10. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Grund- und die Änderungswerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) abschnittsweise lineare Funktionen definieren.
 11. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Grund- und die Änderungswerte (Ax0, Ax1, Ay0, Ay1, Ox0, Ox1, Oy0, Oy1, ϕ) benachbarter Maßteilungen (4) derart bestimmt werden, daß sich zwischen den benachbarten Maßteilungen (4) ein stetiger Übergang für die Amplituden (Ax, Ay), die Offsets (Ox, Oy) und/oder den Phasenversatz (ϕ) ergibt.
 12. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es parallel zu einem korrespondierenden Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgeführt wird.
 13. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Ermittlungsverfahrens nach einem der obigen Ansprüche.
 14. Inkrementalgeberauswertungssystem zur Durchführung eines Ermittlungsverfahrens nach einem der Ansprüche 6 bis 12.
 15. Inkrementalgeberauswertungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es mit einem

Computerprogrammprodukt (8) nach Anspruch 13 programmiert ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG 1

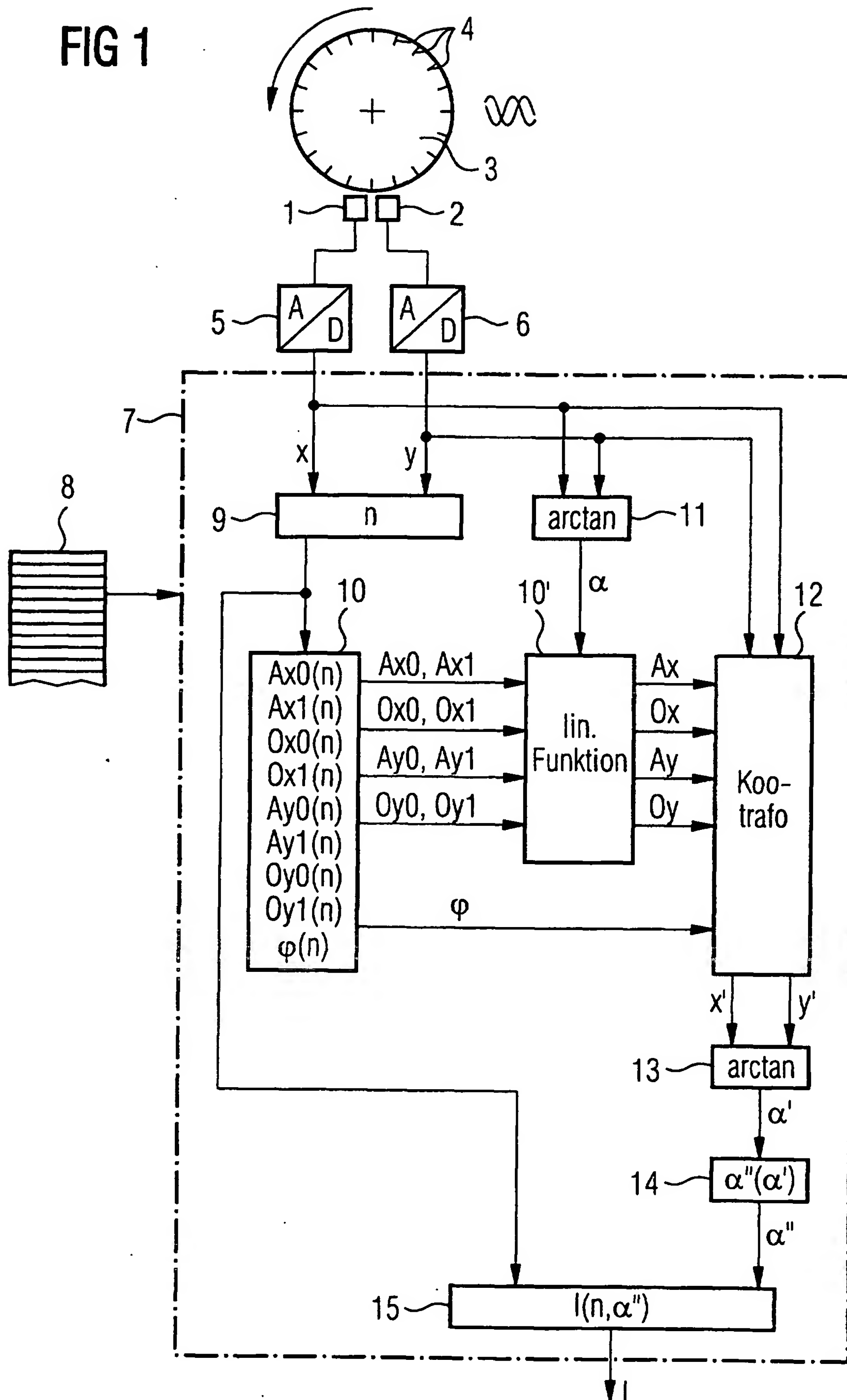


FIG 2

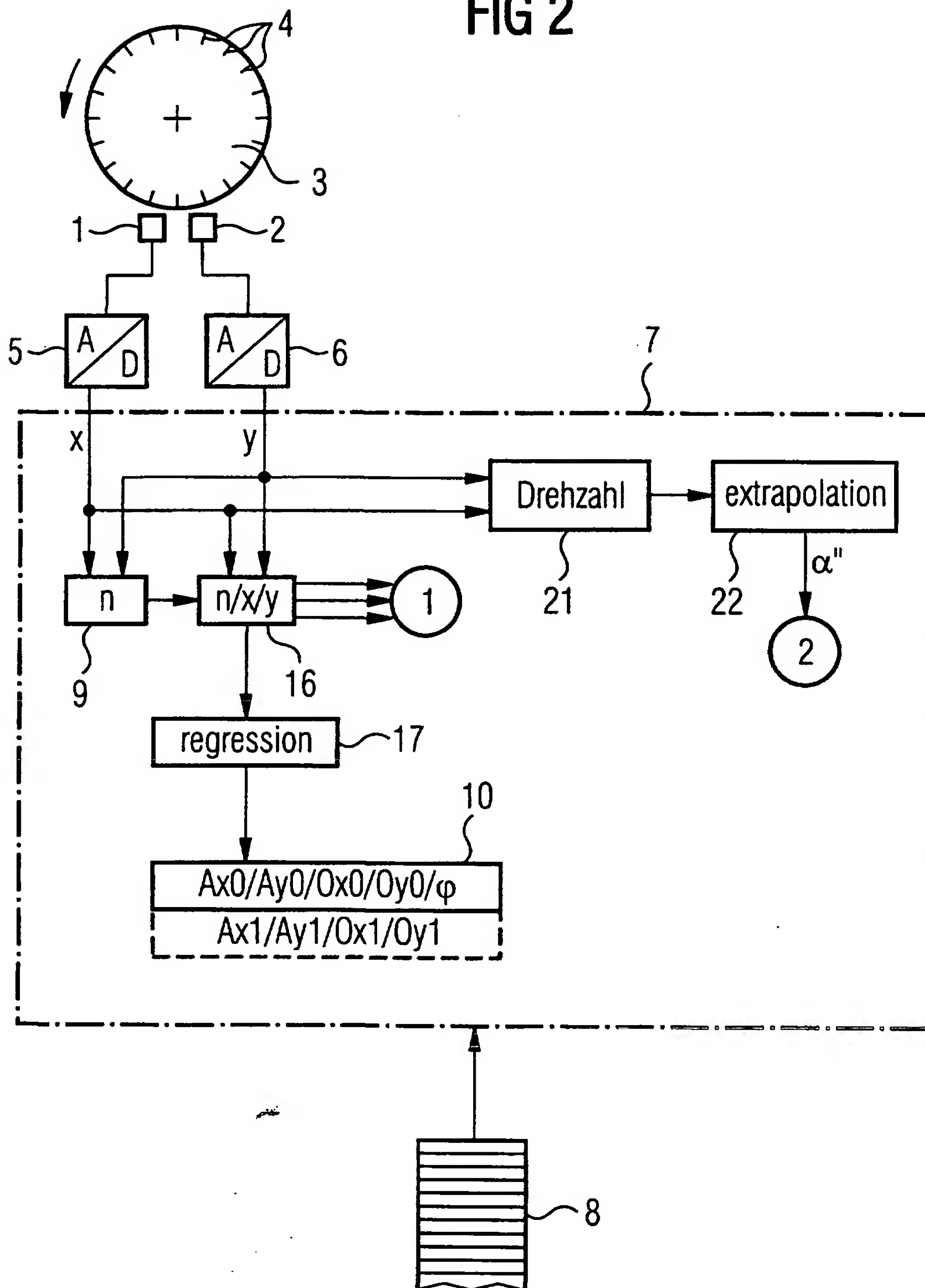


FIG 3

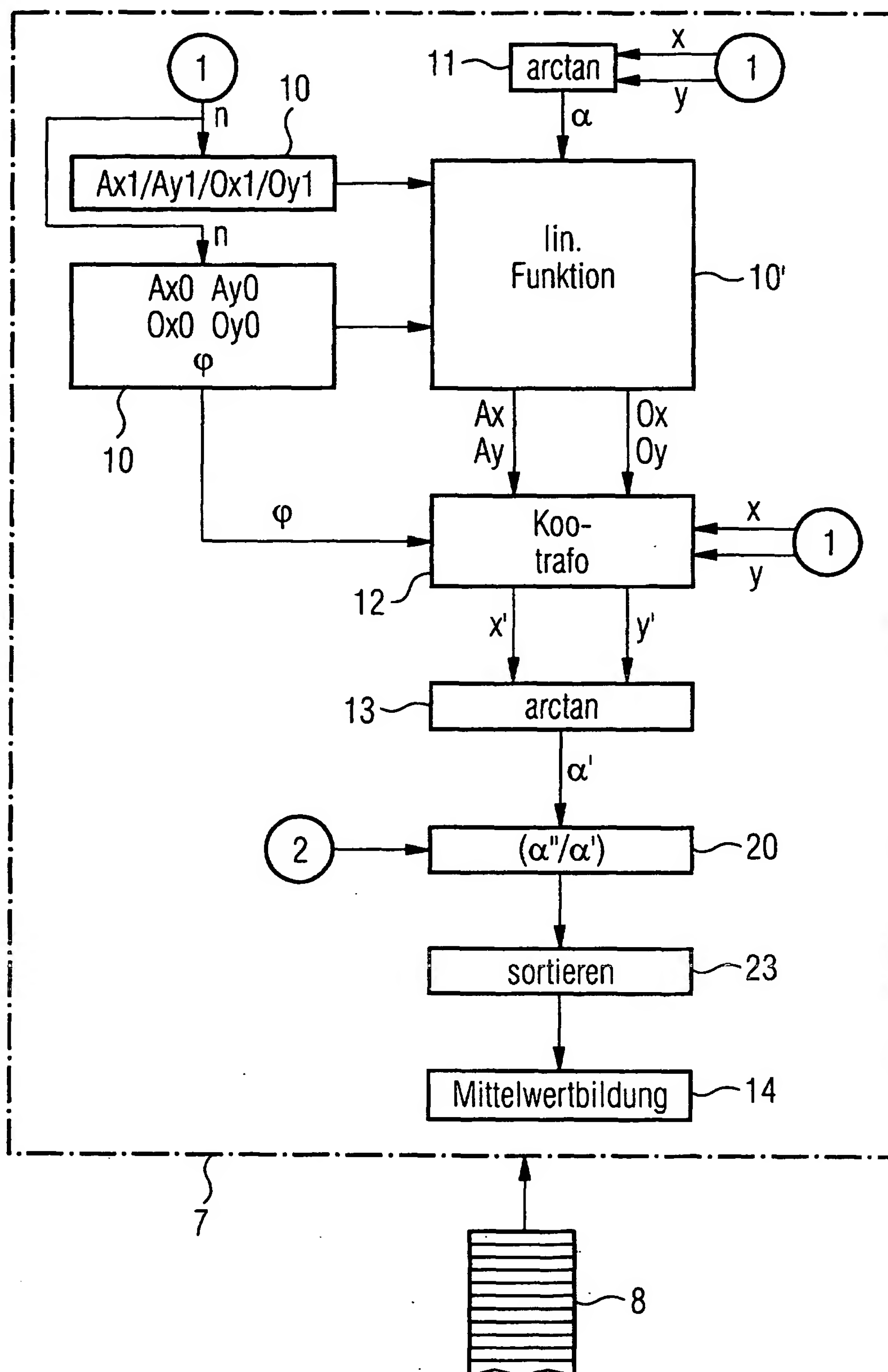


FIG 4

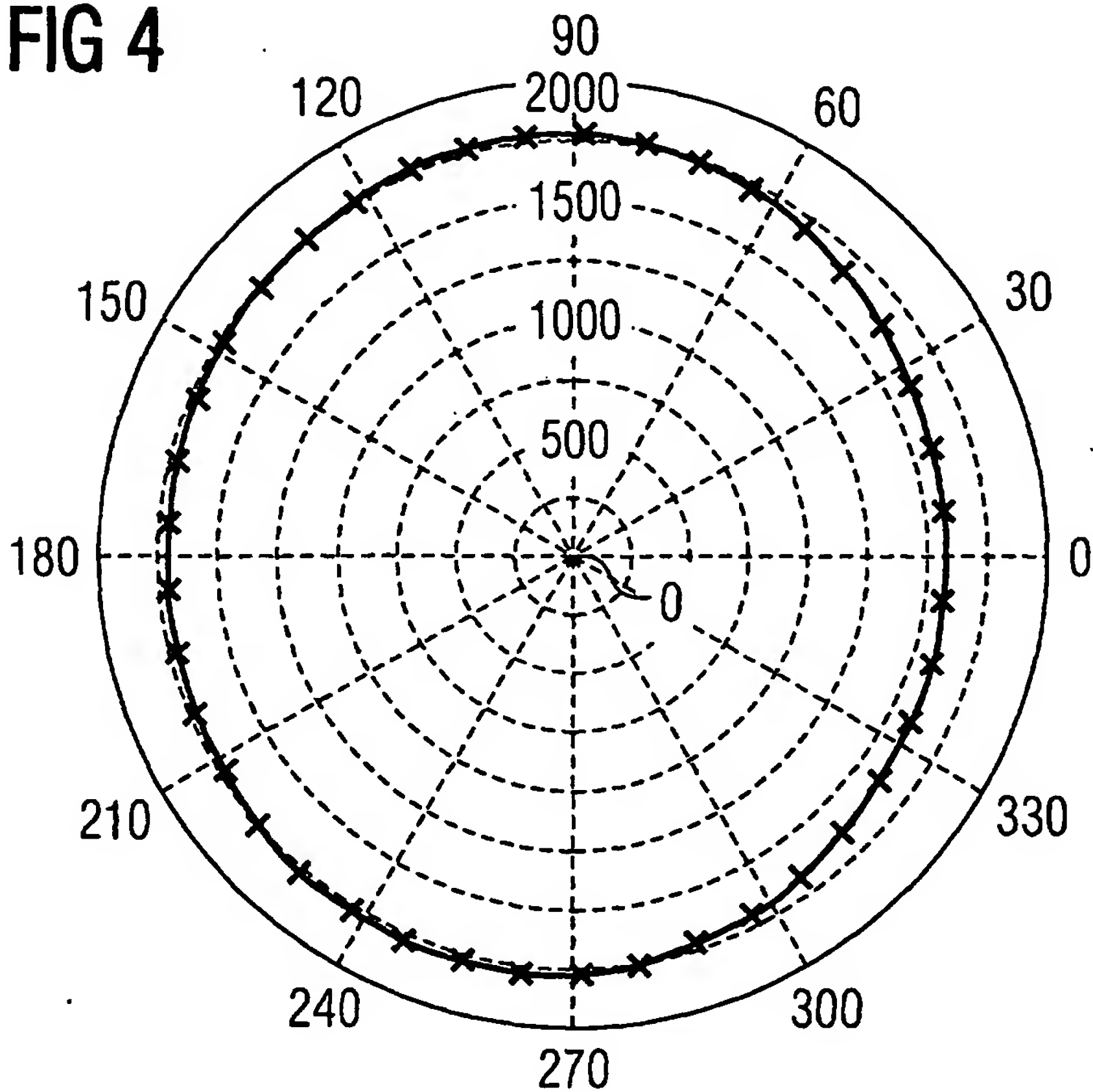


FIG 5

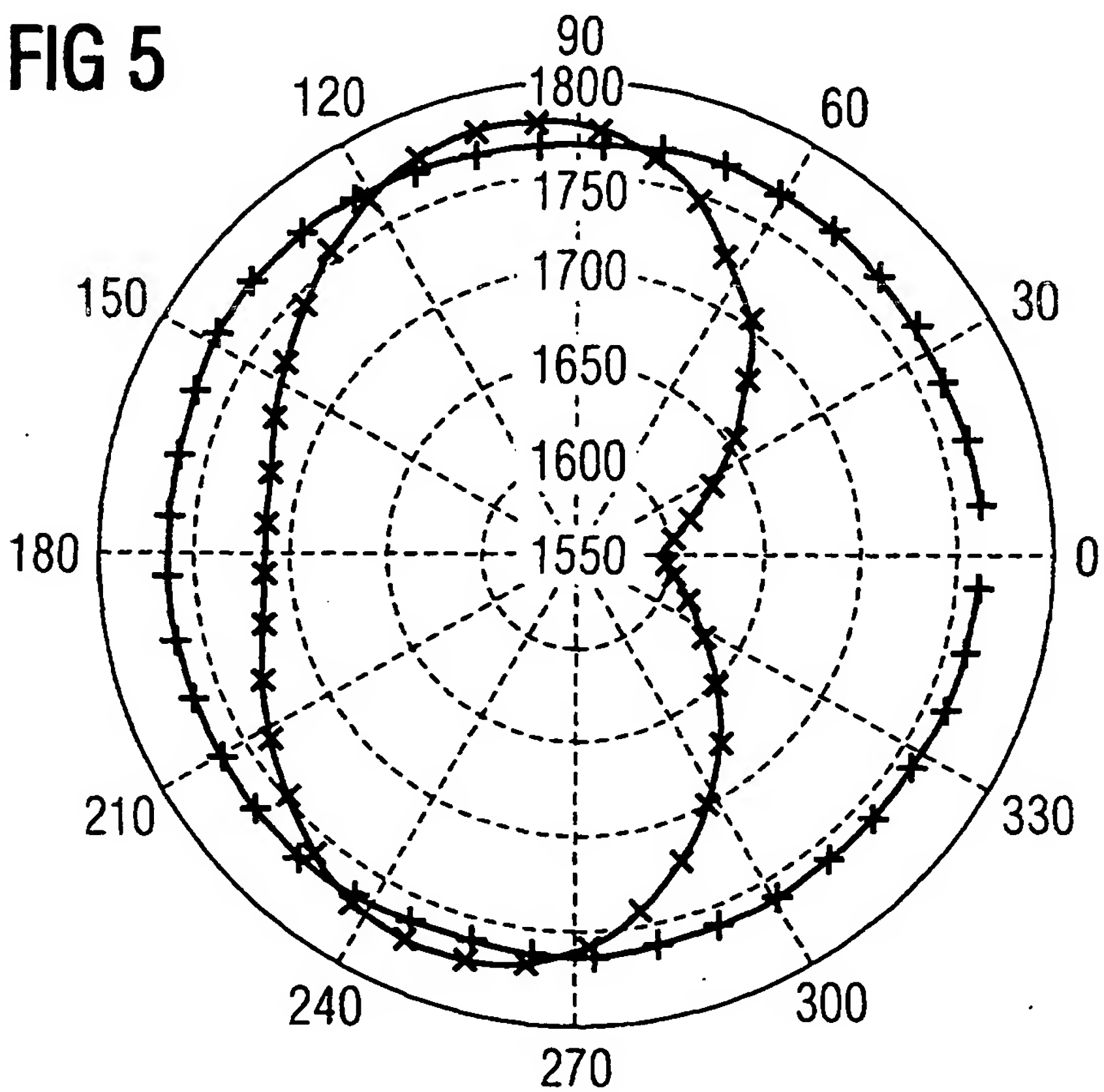


FIG 6

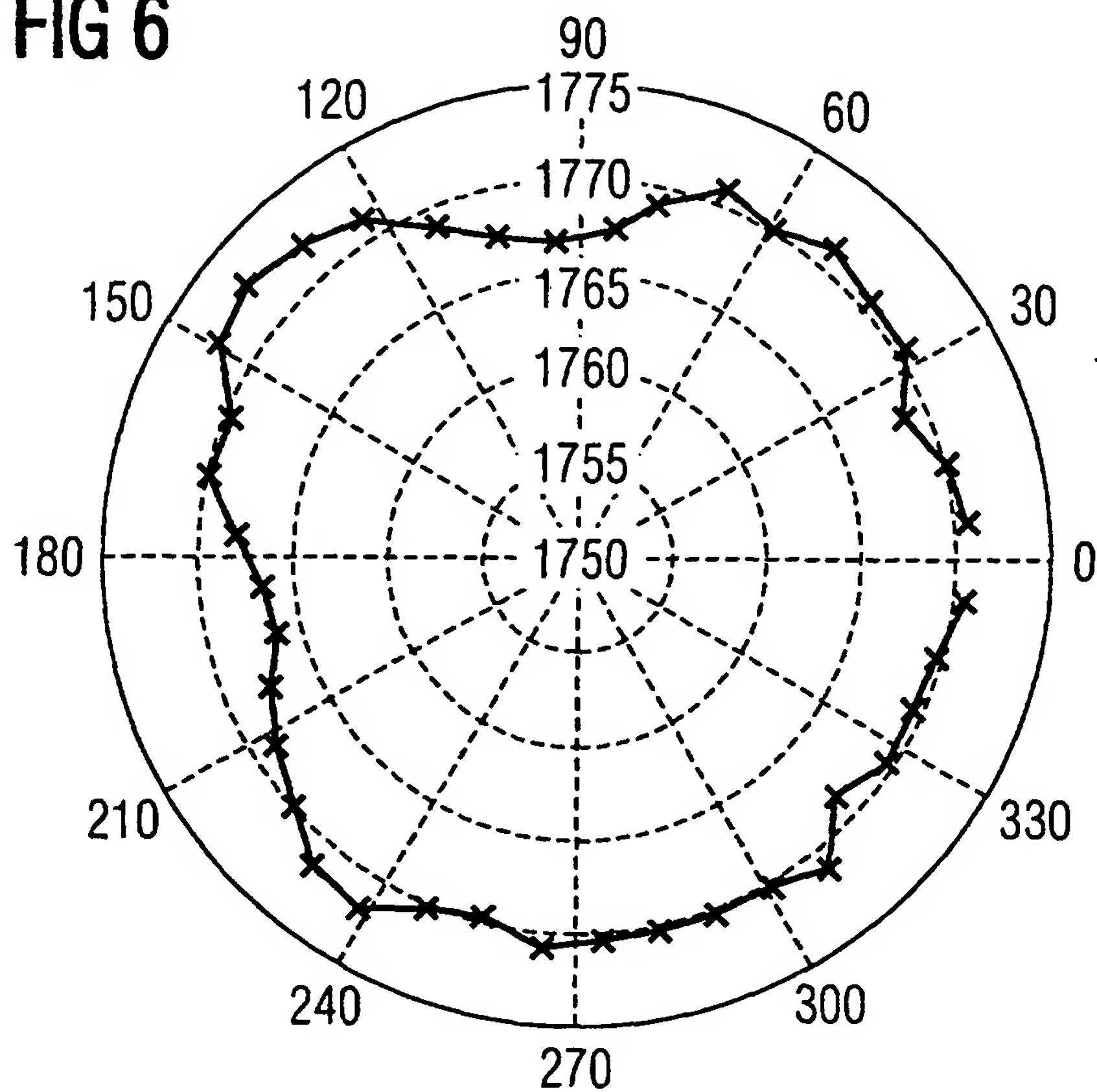


FIG 7

